

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Motor Bakar**

Menurut hakikatnya, mesin pada umumnya adalah suatu pesawat yang dapat merubah bentuk energi tertentu menjadi kerja mekanik. Misalnya, mesin listrik merupakan sebuah mesin yang kerja mekaniknya diperoleh dari sumber listrik, sedangkan mesin bensin merupakan mesin yang kerja mekaniknya diperoleh dari sumber pembakaran bensin.

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran dan juga perubahan energi tersebut dilaksanakan di dalam mesin dan dilakukan di luar mesin (Wiranto Arismunandar, 1988).

Motor bakar torak mempergunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bekerja bolak-balik yang diakibatkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara di dalam silinder. Pembakaran yang dihasilkan tersebut dapat menggerakkan torak dengan gerakan translasi (bolak-balik) yang dibantu oleh batang penggerak yang dihubungkan dengan poros engkol.

Pada motor bakar torak tidak terdapat proses pemindahan kalor gas pembakaran fluida kerja, karena itu jumlah komponen motor bakar sangat sedikit, cukup sederhana, lebih kompak, dan lebih ringan dibanding dengan mesin pembakaran luar (mesin uap). Karena itu pula penggunaan motor bakar sangat banyak dan menguntungkan, penggunaan motor bakar dalam masyarakat antara lain adalah dalam bidang transportasi, produksi dan sebagainya (Wiranto Arismunandar, 1988).

#### **2.2 Klasifikasi Motor Bakar**

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam. Adapun pengklasifikasian motor bakar adalah sebagai berikut:

**a. Berdasar Sistem Pembakarannya**

Mesin pembakaran dalam atau sering disebut sebagai *Internal Combustion Engine* (ICE), yaitu di mana proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Contoh mesin pembakaran dalam adalah motor bakar.

Hal-hal yang dimiliki pada mesin pembakaran dalam yaitu :

- Pemakaian bahan bakar lebih irit.
- Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih kecil.
- Kontruksi lebih sederhana, karena tidak memerlukan ketel uap, kondensor, dan sebagainya.

Mesin pembakaran luar atau sering disebut sebagai *External Combustion Engine* (ECE) yaitu dimana proses pembakarannya terjadi di luar mesin, energi termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin.

Hal-hal yang dimiliki pada mesin pembakaran luar yaitu :

- Dapat memakai semua jenis bahan bakar.
- Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
- Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu proses.
- Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.

Pada umumnya mesin pembakaran luar misalnya pesawat tenaga uap, pelaksanaan pembakaran bahan bakar dilakukan di luar mesin (Wiranto Arismunandar, 1988).

**b. Berdasar Sistem Penyalaan**

1. Motor bensin

Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut *spark ignition engine*. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya. Di dalam siklus otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstan (Wiranto Arismunandar, 1988).

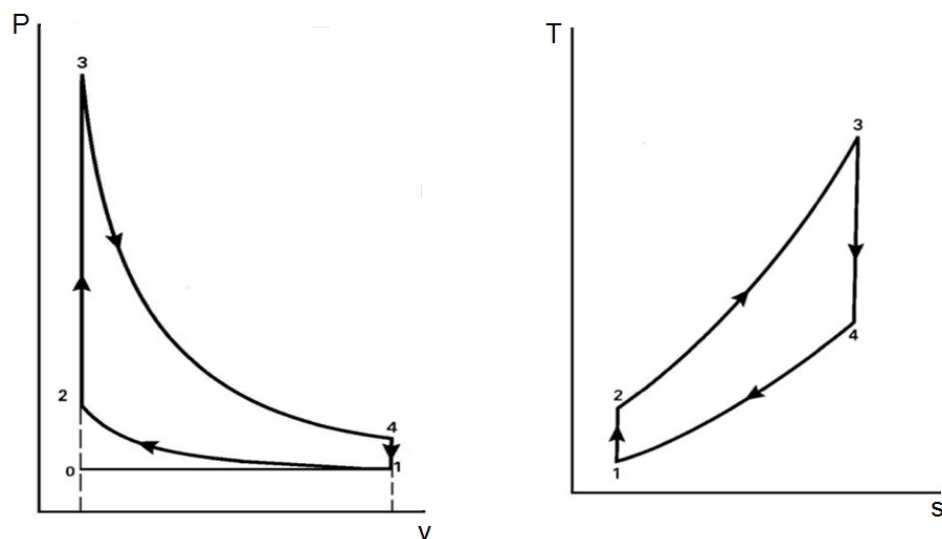
## 2. Motor diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Proses penyalanya bukan menggunakan loncatan bunga api listrik. Pada waktu torak hampir mencapai titik mati atas (TMA), bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar. Terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 12-25 (Astu Pudjanarsa Dan Djati Nursuhud, 2006).

### 2.3 Sistem Kerja Motor Bakar

Di dalam motor pembakaran empat langkah, piston melakukan empat langkah translasi dalam silinder untuk tiap dua putaran dari poros engkol. Pada saat katup masuk terbuka, maka piston melakukan langkah hisap untuk menarik campuran bahan bakar baru ke dalam silinder. Pada tipe mesin pengapian nyala, campuran baru yang masuk adalah campuran antara bahan bakar dan udara. Siklus otto standar udara merupakan siklus ideal yang mengasumsikan bahwa penambahan kalor terjadi seketika pada titik mati atas (Michael, j, Moran, dan Howard N Shapiro, 2003).

Siklus otto dapat dilihat melalui gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Diagram P – V siklus otto ideal  
(Sumber : Michael, j, Moran, dan Howard N Shapiro, 2003)

Proses yang terjadi pada siklus otto adalah sebagai berikut:

Proses 0-1 : langkah isap.

Proses 1-2 : kompresi isentropik.

Proses 2-3 : proses pembakaran volume konstan dianggap sebagai proses pemasukan kalor.

Proses 3-4 : proses isentropik udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju titik mati bawah (TMB).

Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston.

Proses 1-0 : langkah buang pada tekanan konstan.

### **2.3.1 Motor bensin 4 langkah**

Yang dimaksud dengan motor bakar 4 (empat) langkah adalah bila 1 (satu) kali proses pembakaran terjadi pada setiap 4 (empat) langkah gerakan piston atau 2 (dua) kali putaran poros engkol. Dengan anggapan bahwa katup masuk dan katup buang terbuka tepat pada waktu piston berada pada titik mati atas (TMA) dan titik mati bawah (TMB), maka siklus motor 4 (empat) langkah dapat diterangkan sebagai berikut:

a. Langkah hisap :

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Pada ruangan di atas piston terjadi pembesaran volume yang menyebabkan tekanan menjadi kurang. Tekanan kurang tersebut mengakibatkan terjadinya hisapan terhadap campuran udara bahan bakar dari karburator. Keadaan katup masuk terbuka dan katup buang tertutup.

b. Langkah kompresi :

Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) melakukan kompresi terhadap campuran udara bahan bakar yang baru masuk pada langkah hisap. Tekanan dan temperatur menjadi naik sedemikian rupa sehingga campuran bahan bakar udara berada dalam keadaan yang mudah sekali untuk terbakar. Sebelum langkah kompresi berakhir maka busi mengadakan pembakaran, kedua katup tertutup.

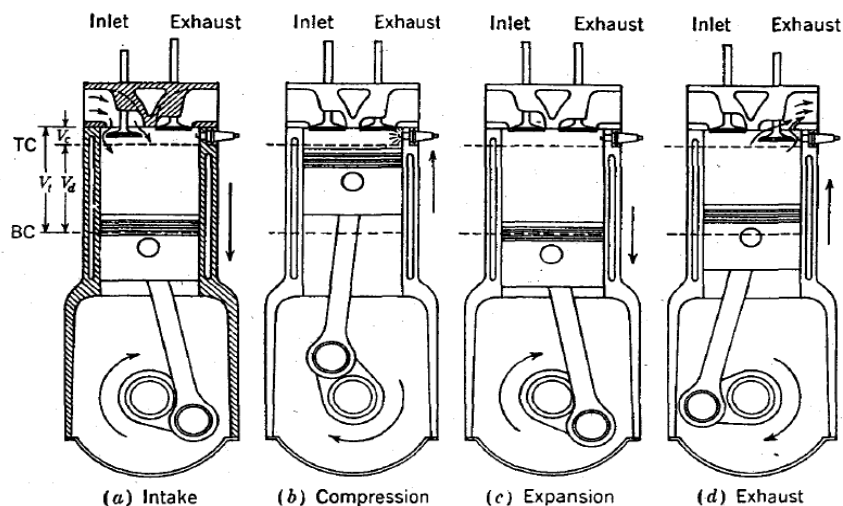
c. Langkah kerja atau Ekspansi :

Akibat adanya pembakaran maka pada ruang bakar terjadi panas dan pemuaihan yang tiba-tiba. Pemuaihan tersebut mendorong piston untuk bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Kedua katup masih dalam keadaan tertutup rapat sehingga seluruh tenaga panas mendorong piston untuk bergerak.

d. Langkah Buang :

Pada langkah buang ini, katup masuk tertutup sedangkan katup buang terbuka. Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA) mendesak gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang dan saluran buang (*exhaust manifold*) menuju atmosfer.

Langkah kerja motor bensin 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 langkah kerja motor bensin 4 langkah  
(Sumber : Jhon B Heywod, 1988)

### 2.3.2 Performansi Motor Bakar

Beberapa hal yang mempengaruhi performansi motor bensin, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara motor akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan menimbulkan *knocking* pada motor yang berpotensi menurunkan daya motor.

Untuk mengatasi hal ini, maka harus dipergunakan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Angka oktan pada bahan bakar motor Otto menunjukkan kemampuan menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya (*self ignition*) yang menimbulkan *knocking*. Untuk memperbaiki kualitas campuran bahan bakar dengan udara maka aliran udara dibuat *turbulen*, sehingga diharapkan tingkat homogenitas campuran akan lebih baik.

Parameter mesin diukur untuk menentukan karakteristik pengoperasian pada motor bakar. Parameter dan performansi mesin dapat dilihat dari rumus- rumus dibawah ini (Williard W Pulkrabek, 1997 dan Jhon B Heywod, 1988).

### 1.Torsi

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Selama proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi di dalam silinder motor menimbulkan suatu gaya yang luar biasa kuatnya pada torak. Gaya tersebut dipindahkan kepada pena engkol melalui batang torak dan mengakibatkan adanya momen putar atau torsi pada poros engkol.

Untuk mengetahui besarnya torsi digunakan alat *dynamometer*. Biasanya motor pembakaran ini dihubungkan dengan *dynamometer* dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros *dynamometer* dengan menggunakan kopling elastik.

Pada percobaan ini, alat yang digunakan untuk mengukur torsi motor adalah dengan timbangan pegas. Dimana timbangan pegas ini diikat pada roda belakang sepeda motor yang akan diuji nantinya. Maka didapat torsi pada roda dari hasil pembacaan pada timbangan pegas dengan menggunakan rumus 2.1 dan 2.2 berikut.

$$F = G \times m \dots\dots\dots(2.1)$$

$$T_{\text{roda}} = F \times r \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- F = Gaya (N)
- G = Percepatan gravitasi (9,86 m/s<sup>2</sup>)
- m = Massa (Kg)
- T<sub>roda</sub> = Torsi pada roda (Nm)

$$r = \text{Jari - jari roda (m)}$$

Dengan rumus diatas akan didapat torsi pada roda, sedangkan torsi pada motor dapat dihitung dengan membagikan torsi pada roda terhadap perbandingan rasio (final rasio), adapun perbandingan rasio dapat diketahui dengan rumus 2.3 berikut.

$$T_{\text{mesin}} = \frac{\text{roda}}{\text{al ratio}} \dots\dots\dots(2.3)$$

## 2. Daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan *dynamometer* yang dikopel dengan poros *output* mesin. Oleh karena sifat *dynamometer* yang bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, maka daya yang dihasilkan poros *output* ini sering disebut sebagai daya rem (*Brake Power*), adapun daya dapat diketahui dengan rumus 2.4 berikut.

$$P_B = \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$P_B$  = Daya keluaran (W)

$n$  = Putaran mesin (Rpm)

$T$  = Torsi (Nm)

## 3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*specific fuel consumption, sfc*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

Bila daya rem dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam, maka konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dengan rumus 2.5 berikut.

$$Sfc = \frac{B}{P} \times 10^3 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :  $S_{fc}$  = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kWh)

$m_f$  = Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dapat diketahui dengan rumus 2.6 berikut.

$$m_f = \frac{x V x 10^{-3}}{t_f} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :  $f$  = *specific gravity*

$V$  = volume bahan bakar yang di uji

$t_f$  = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume diuji (detik)

#### **4.Effisiensi Thermal Brake**

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang dibangkitkan piston karena sejumlah energi yang hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. efisiensi ini sering disebut sebagai efisiensi *thermal brake*. Dapat dilihat pada rumus 2.7 berikut.

$$\eta_b = \frac{\text{kerja keluaran aktual}}{\text{panas yang masuk}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Laju panas yang masuk ( $Q$ ), dapat dihitung dengan rumus 2.8 berikut :

$$Q = \dots \cdot \text{LHV} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

LHV = nilai kalor bawah bahan bakar (kj/kg)

Jika satuan keluaran ( $P_B$ ) dalam satuan kW, laju aliran bahan bakar  $m_f$  dalam satuan kj/jam maka dapat dihitung dengan persamaan 2.9 berikut.

$$\eta_b = \frac{P_b}{LHV} \cdot 3600 \dots\dots\dots(2.9)$$

#### **2.4 Nilai Kalor Bahan Bakar**



Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara menghasilkan panas. Besarnya panas yang ditimbulkan jika satu satuan bahan bakar dibakar sempurna disebut nilai kalor bahan bakar (Calorific Value, CV). Berdasarkan asumsi ikut tidaknya panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas (*High Heating Value*, HHV), merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen dengan menggunakan bom kalorimeter dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya. Data yang diperoleh dari hasil pengujian *bom kalorimeter* adalah temperatur air pendingin sebelum dan sesudah penyalaan. Selanjutnya untuk menghitung nilai kalor atas, dapat dihitung dengan persamaan 2.10 berikut.

$$\text{HHV} = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:

- HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)
- T1 = Temperatur air pendingin sebelum penyalaan (0C).
- T2 = Temperatur air pendingin sesudah penyalaan (0C).
- Cv = Panas jenis bom kalorimeter (73529.6 kJ/kg 0C).
- Tkp = Kenaikan temperatur akibat kawat penyala (0.05 0C).

Sedangkan nilai kalo bawah (*Low heating value*, LHV) di hitung dengan persamaan 2.11 berikut.

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 3240 \dots \dots \dots (2.11)$$

Nilai kalor bawah (low Heating Value, LHV), merupakan nilai kalor bahan bakar tanpa panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya kandungan hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 % yang berarti setiap satu satuan bahan bakar, 0,15 bagian merupakan hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang

dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hidrogennya.

Selain berasal dari pembakaran hidrogen, uap air yang terbentuk pada proses pembakaran dapat pula berasal dari kandungan air yang memang sudah ada didalam bahan bakar (*moisture*). Panas laten pengkondensasian uap air pada tekanan parsial 20 kN/m<sup>2</sup> (tekanan yang umum timbul pada gas buang) adalah sebesar 2400 kJ/kg.

Pada perhitungan efisiensi panas dari motor bakar, dapat menggunakan nilai kalor bawah (LHV) dengan asumsi pada suhu tinggi saat gas buang meninggalkan mesin tidak terjadi pengembunan uap air. Namun dapat juga menggunakan nilai kalor atas (HHV) karena nilai tersebut umumnya lebih cepat tersedia. Peraturan pengujian berdasarkan ASME (*American of Mechanical Enggineers*) menentukan penggunaan nilai kalor atas (HHV), sedangkan peraturan SAE (*Society of Automotive Engineers*) menentukan penggunaan nilai kalor bawah (LHV).

## 2.5 Rasio Udara Bahan Bakar (AFR)

Energi yang masuk kedalam sebuah mesin ( $Q_{in}$ ) berasal dari pembakaran bahan bakar hidrokarbon. Udara digunakan untuk menyuplai oksigen yang dibutuhkan untuk mendapatkan reaksi kimia didalam ruang bakar. Agar terjadinya reaksi pembakaran, jumlah oksigen dan bahan bakar harus tepat. yang dirumuskan pada 2.12 dan 2.13 sebagai berikut.

$$AFR = \dots\dots\dots(2.12)$$

$$m_a = \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$m_a$  = massa udara di dalam silinder per siklus (Kg/cyl-cycle)

$m_f$  = massa bahan bakar di dalam silinder per siklus (Kg/cyl-cyle)

$\dot{m}_a$  = laju aliran udara didalam mesin (Kg/jam)

$\dot{m}_f$  = laju aliran bahan bakar di dalam mesin (Kg/jam)

$P_i$  = tekanan udara masuk silinder (kpa)

$T_i$  = temperatur udara masuk silinder ( $^{\circ}\text{K}$ )

$R$  = konstanta udara

$V_d$  = volume langkah (*displacement*) ( $\text{m}^3$ )

$V_c$  = volume sisa ( $\text{m}^3$ )

## 2.6 Bahan bakar bensin.

Bensin adalah senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi atau tenaga. Bensin merupakan campuran kompleks senyawa-senyawa hidrokarbon yang memiliki titik didih sekitar  $40^{\circ}\text{C}$  sampai  $180^{\circ}\text{C}$ . Bensin merupakan hasil destilasi minyak bumi (*Crude Oil*) dan merupakan senyawa hidrokarbon jenuh. Bensin termasuk dalam pengelompokan senyawa hidrokarbon *parafin* atau termasuk pengelompokan gugus *Alkana*, dengan rumus empiris  $\text{H}_{2n+2}$  .

Jenis bensin yang diproduksi dan dipasarkan oleh Pertamina dengan nama premium saat ini memiliki angka oktan 88 dengan kandungan timbal 3 gram/liter dan kadar belerang maksimum 2% bobot. Disamping premium disediakan pula bensin yang beroktan tinggi namun tidak memiliki kandungan timbal, yaitu pertamax dengan angka oktan 92. Pertamax adalah produk Pertamina baru yang penyempurnaan dari premix 94. Keunggulan pertamax adalah sangat ramah terhadap lingkungan, dimana tidak mengandung timbal (pb), namun angka oktanya lebih kecil dari premix.

Premium merupakan bahan bakar cair yang telah lama digunakan, premium berasal dari salah satu fraksi penyulingan minyak bumi. Bensin yang merupakan hidrokarbon rantai lurus ternyata kurang baik jika digunakan untuk bahan bakar mesin berkompresi tinggi karena menyebabkan *knocking* pada mesin. *Knocking* dapat dikurangi dengan menambahkan TEL (*Tetra Ethyl lead*) dan mempunyai nilai oktan 88 disebut premium. Spesifikasi premium dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

abel 2.1 Spesifikasi premium

| No | Sifat   | Batasan |      |
|----|---|---------|------|
|    |   |         |      |
| 1  | Angka oktan riset                                       | 88      |      |
| 2  | Kandungan pb (gr/lt)                                    |         | 0,03 |
| 3  | DESTILASI   |         |      |
|    | -10% VOL.penguapan (°C)                                 |         | 74   |
|    | -50% VOL.penguapan (°C)                                 | 88      | 125  |
|    | -90% VOL.penguapan (°C)                                 |         | 180  |
|    | -Titik didih akhir (°C)                                 |         | 205  |
|    | -Residu (% vol)   |         | 2    |
| 4  | Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C (psi)                     |         | 9,0  |
| 5  | Getah purawa (mg/100ml)                                 |         | 4    |
| 6  | Periode induksi (menit)                                 | 240     |      |
| 7  | Kandungan Belerang (% massa)                            |         | 0,02 |
| 8  | Korosi bilah tembaga (3jam/50°C)                        |         | No.1 |
| 9  | Uji doktor atau alternatif belerang mercapatan (% masa) |         | 0,00 |
| 1  | Warna   | Kuning  |      |

(sumber : <http://www.pertamina.com>)

## 2.7 Magnet

### 2.7.1 Asal Kemagnetan

Magnet adalah suatu benda yang dapat menarik benda-benda yang terbuat dari besi, baja, dan logam-logam tertentu. Magnet yang pertama kali ditemukan berupa batuan. Batu magnet ini ditemukan di Magnesia (Asia kecil) dekat Yunani. Benda-benda di sekitar kita dikelompokkan menjadi tiga golongan yaitu *ferromagnetik*, *paramagnetik*, dan *diamagnetik*.

*Ferromagnetik* adalah benda-benda yang dapat ditarik dengan kuat oleh magnet, misalnya besi, baja, nikel, dan kobalt. *Paramagnetik* adalah benda-benda yang ditarik lemah oleh magnet, misalnya platina dan aluminium. Sedangkan *diamagnetik* adalah benda-benda yang tidak ditarik oleh magnet, misalnya seng dan bismut.

Sifat kemagnetan makroskopik material adalah konsekuensi momen magnet material penyusun, karena adanya pergerakan partikel listrik. Pada skala atom, momen magnet berasal dari pergerakan elektron, ini dipengaruhi oleh konfigurasi elektron yang berbeda tiap atom atau ikatan antara atom.

### 2.7.2 Teori Kemagnetan Bumi

Jarum kompas selalu menunjuk arah utara dan selatan disebabkan karena tertarik oleh kutub selatan dan kutub utara magnet bumi. Kutub utara jarum kompas tertarik oleh kutub selatan magnet Bumi yang berada disekitar kutub utara Bumi. Sedangkan kutub selatan jarum kompas tertarik oleh kutub utara magnet Bumi yang terdapat di sekitar kutub selatan Bumi.

Kutub utara dan kutub selatan magnet Bumi tidak berimpit dengan kutub utara dan kutub selatan Bumi. Hal ini menyebabkan kutub utara dan kutub selatan magnet jarum kompas tidak menunjukkan arah utara dan selatan geografis, sehingga membentuk sebuah sudut yang disebut sudut deklinasi ( $D$ ). *Sudut deklinasi* adalah sudut yang dibentuk oleh kutub utara-selatan jarum kompas terhadap arah utara dan selatan geografis.

Di daerah yang tepat di atas garis katulistiwa, posisi jarum kompas dalam keadaan seimbang. Namun jika kompas dibawa ke kutub Bumi, posisi jarum kompas

akan condong ke atas atau ke bawah. Ketika dibawa mendekati kutub utara Bumi, kutub utara jarum kompas condong ke bawah karena tertarik oleh kutub selatan magnet Bumi. Sedangkan ketika dibawa mendekati kutub selatan Bumi, kutub selatan jarum kompas akan condong ke bawah karena tertarik oleh kutub utara magnet Bumi. Kemiringan jarum kompas tersebut membentuk sudut *inklinasi*. Sudut *Inklinasi* adalah sudut yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap permukaan Bumi.

### **2.7.3 Medan Magnet**

Besi dapat tertarik oleh magnet karena adanya gaya magnetik. Gaya tarik magnet terhadap besi ini semakin jauh semakin kecil, dan pada suatu saat nol. Selama besi masih dapat tertarik oleh magnet berarti besi tersebut masih berada dalam medan magnetik. Medan magnetik adalah daerah di sekitar magnet di mana benda dipengaruhi oleh gaya magnetik.

### **2.7.4. Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik**

Kumparan kawat berinti besi yang dialiri listrik dapat menarik besi dan baja. Hal ini menunjukkan bahwa kumparan kawat berarus listrik dapat menghasilkan medan magnetik. Medan magnetik juga dapat ditimbulkan oleh kawat penghantar lurus yang dialiri listrik. Hal pertama diselidiki oleh Hans Christian Oersted (1777-1851).

Berdasarkan hasil percobaan tersebut terbukti bahwa arus listrik yang mengalir dalam kawat penghantar itu menghasilkan medan magnetik, atau di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnetik. Pada saat arus listrik yang mengalir dalam penghantar diperbesar, ternyata kutub utara jarum kompas menyimpang lebih jauh. Hal ini berarti semakin besar arus listrik yang digunakan, semakin besar medan magnet yang dihasilkan.

Arah medan magnetik di sekitar kawat penghantar lurus berarus listrik dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Jika arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I), maka arah keempat jarimu yang lain menunjukkan arah medan magnetik (B). Kaidah tangan kanan ini juga dapat digunakan untuk menentukan arah medan magnetik pada penghantar berbentuk lingkaran yang dialiri listrik.

Arah arus listrik yang mengalir pada kumparan, ujung kumparan yang pertama kali mendapat arus listrik dijadikan pedoman untuk menentukan letak kutub-kutub magnet. Caranya, genggamlah ujung kumparan yang pertama kali teraliri arus listrik dengan posisi jari tangan kanan sesuai dengan letak kawat pada inti besi. Apabila kawat itu berada di depan inti besi, letakkan telapak tangan menghadap ke depan, kemudian genggamlah kumparan berinti besi tersebut.

Letak kutub utara magnet ditunjukkan oleh arah ibu jari, sedangkan arah sebaliknya menunjukkan kutub selatan. Jika kawat penghantar yang pertama kali teraliri arus listrik berada di belakang inti besi, maka hadapkan telapak tanganmu ke belakang, kemudian genggamlah kumparan kawat itu. Dengan cara yang sama kamu dapat menentukan letak kutub utara dan kutub selatan magnet.

### **2.7.5 Elektromagnet**

Elektromagnet adalah magnet yang terjadi karena aliran listrik pada kumparan berinti besi. Elektromagnet ini memiliki beberapa kelebihan dibanding magnet permanen. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain:

- Sifat kemagnetannya dapat diperbesar dengan cara memperbanyak jumlah lilitan atau memperbesar arus listrik.
- Sifat kemagnetannya dapat dihilangkan dengan cara memutus arus listrik, dan dapat ditimbulkan kembali dengan cara meyambung arus listrik.
- Kutub-kutub magnetnya dapat ditukar dengan cara mengubah arah arus listrik.
- Peralatan sehari-hari yang berprinsip pada elektromagnet antara lain: telepon, bel listrik, alat ukur listrik, dan alat pengangkat besi.

## **2.8 Efek Magnetasi Pada Bahan Bakar Premium**

### **2.8.1 Reaktifitas Molekul**

Adanya medan magnet statis yang besar, sehingga mempengaruhi ikatan molekul bahan bakar. Posisi inti atom pada medan magnet sesungguhnya tidak tergantung sekitarnya, akan tetapi tergantung sekeliling molekul itu sendiri. Pada keadaan cair, susunan molekul terjadi secara acak.

Jika atom diletakkan dalam magnet yang seragam, elektron yang mengelilingi inti menjadi berputar. Perputaran ini menyebabkan medan magnet sekunder yang arahnya berlawanan dengan arah medan magnet yang diberikan. Dibeberapa unit struktur molekul, elektron banyak terkalorisasi di beberapa bagian. Medan magnet yang diberikan menyebabkan perputaran di lain bidang dengan beragam.

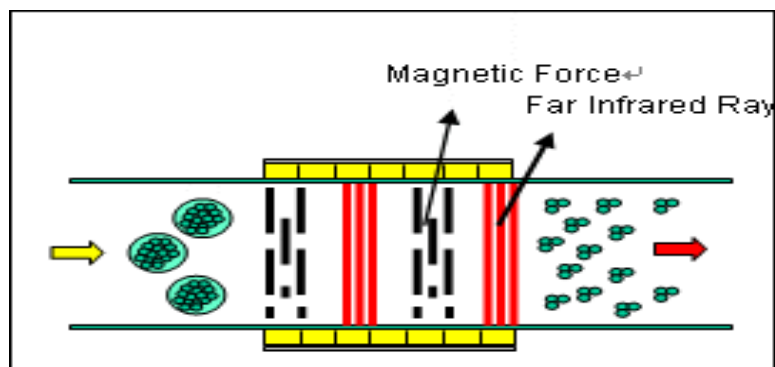
Pada bahan bakar Premium, ketika premium masih berada di tanki bahan bakar, molekul hidrokarbon yang merupakan penyusun utama bensin cenderung untuk saling tertarik satu sama lain, membentuk molekul-molekul yang bergerombol (*clustering*). Pengelompokan ini akan terus berlangsung, sehingga menyebabkan molekul-molekul hidrokarbon tidak saling terpisah atau tidak terdapat cukup waktu untuk saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen didalam ruang bakar. Akibat buruk yang ditimbulkan adalah ketidak sempurnaan pembakaran yang dapat dibuktikan secara sederhana dengan ditemuinya kandungan HC pada gas buang.

Adanya suatu medan magnet permanen yang cukup kuat pada molekul hidrokarbon yang bersifat diamagnetik akan menyebabkan reaksi penolakan antar molekul hidrokarbon sehingga terbentuk jarak yang optimal antar molekul hidrokarbon. Hal tersebut akan meningkatkan interaksi antar molekul hidrokarbon dengan oksigen. Partikel-partikel atom yang membentuk molekul hidrokarbon tersebut akan terpengaruh oleh medan magnet sehingga arahnya akan semakin sejajar atau terorientasi sesuai arah medan magnet.

### **2.8.2 Prinsip Kerja Magnet Pada Saluran Bahan Bakar.**

Penggunaan magnet ditujukan untuk menghemat bahan bakar dikarenakan didalam saluran bahan bakar yang dipasang magnet terjadi proses magnetasi. Proses magnetasi diperlukan agar bahan bakar lebih mudah mengikat oksigen pada saat proses pembakaran dan mengurangi *unburned hydrocarbon* hasil proses pembakaran bahan bakar. adapun prinsip kerja magnet pada saluran bahan bakar dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.





Gambar 2.3 Pengaruh magnet terhadap bahan bakar  
 ( Sumber : Agung Sudrajad, 2006 )

Hal ini disebabkan ukuran struktur molekul bahan bakar akan berubah menjadi ikatan yang lebih kecil akibat magnetasi. Ukuran molekul yang lebih kecil ini secara langsung akan berakibat pada semakin mudahnya proses pembakaran dalam ruang bakar. Dengan kata lain proses magnetasi pada bahan bakar akan membuat pembakaran lebih sempurna.

Pada saat bahan bakar melalui saluran bahan bakar, kekuatan magnetasi didalam magnet yang ditempel di saluran bahan bakar menyebabkan terpecahnya ikatan karbon dalam bahan bakar menjadi bagian-bagian kecil atau ikatan ion. Ion positif akan tertarik oleh kutub negatif magnet, sedangkan ion negatif akan tertarik oleh kutub positif magnet sehingga ion-ion positif dan ion negatif akan mengalir secara teratur setelah melewati medan magnet. Ikatan kecil dan beraturan inilah yang menyebabkan mudahnya oksigen bereaksi dengan bahan bakar pada proses pembakaran. Efeknya bahan bakar akan lebih mudah terbakar didalam ruang bakar atau terjadinya pembakaran sempurna.

## 2.9 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin.

### 2.9.1 Sumber

Polutan dibedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O<sub>3</sub>) dan *peroksiasetil nitrat* (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

### 2.9.2 Komposisi Kimia

Polutan dibedakan menjadi organik dan inorganik. Polutan organik mengandung karbon dan hidrogen, juga beberapa elemen seperti oksigen, nitrogen, sulfur atau fosfor, contohnya : hidrokarbon, keton, alkohol, ester dan lain-lain. Polutan inorganik seperti : karbon monoksida (CO), karbonat, nitrogen oksida, ozon dan lainnya.

### 2.9.3. Bahan Penyusun

Polutan dibedakan menjadi partikulat atau gas. Partikulat dibagi menjadi padatan dan cairan seperti : debu, asap, abu, kabut dan spray, partikulat dapat bertahan di atmosfer. Sedangkan polutan berupa gas tidak bertahan di atmosfer dan bercampur dengan udara bebas.

#### a.) Partikulat

Polutan partikulat yang berasal dari kendaraan bermotor umumnya merupakan fasa padat yang terdispersi dalam udara dan membentuk asap. Fasa padatan tersebut berasal dari pembakaran tak sempurna bahan bakar dengan udara, sehingga terjadi tingkat ketebalan asap yang tinggi.

Selain itu partikulat juga mengandung timbal yang merupakan bahan aditif untuk meningkatkan kinerja pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan. Apabila butir-butir bahan bakar yang terjadi pada penyemprotan kedalam silinder motor terlalu besar atau apabila butir-butir berkumpul menjadi satu, maka akan terjadi dekomposisi yang menyebabkan terbentuknya karbon-karbon padat atau angus.

Hal ini disebabkan karena pemanasan udara yang bertemperatur tinggi, tetapi penguapan dan pencampuran bahan bakar dengan udara yang ada di dalam silinder tidak dapat berlangsung sempurna, terutama pada saat-saat dimana terlalu banyak bahan bakar disemprotkan yaitu pada waktu daya motor akan diperbesar, misalnya untuk akselerasi, maka terjadinya angus itu tidak dapat dihindarkan. Jika angus yang terjadi itu terlalu banyak, maka gas buang yang keluar dari gas buang motor akan bewarna hitam.

b.) Hidrocarbon (HC)

Hidrokarbon yang tidak terbakar dapat terbentuk tidak hanya karena campuran udara bahan bakar yang gemuk, tetapi bisa saja pada campuran kurus bila suhu pembakarannya rendah dan lambat serta bagian dari dinding ruang pembakarannya yang dingin dan agak besar. Motor memancarkan banyak hidrokarbon kalau baru saja dihidupkan atau berputar bebas (idle) atau waktu pemanasan.

Pemanasan dari udara yang masuk dengan menggunakan gas buang meningkatkan penguapan dari bahan bakar dan mencegah pemancaran hidrokarbon. Jumlah hidrokarbon tertentu selalu ada dalam penguapan bahan bakar, di tangki bahan bakar dan dari kebocoran gas yang melalui celah antara silinder dari torak masuk kedalam poros engkol, yang disebut dengan blow by gasses (gas lalu). Pembakaran tak sempurna pada kendaraan juga menghasilkan gas buang yang mengandung hidrokarbon. Hal ini pada motor diesel terutama disebabkan oleh campuran lokal udara bahan bakar tidak dapat mencapai batas mampu bakar.

c.) Karbon Monoksida (CO)

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna.

Gas ini akan dihasilkan bila karbon yang terdapat dalam bahan bakar (kira-kira 85% dari berat dan sisanya hidrogen) terbakar tidak sempurna karena kekurangan oksigen. Hal ini terjadi bila campuran udara bahan bakar lebih gemuk dari pada campuran stoikiometris. Karbon monoksida tidak dapat dihilangkan jika campuran udara bahan bakar gemuk. Bila campuran kurus karbon monoksida tidak terbentuk.

d.) Oksigen (O<sub>2</sub>)

Oksigen (O<sub>2</sub>) sangat berperan dalam proses pembakaran, dimana oksigen tersebut akan diinjeksikan ke ruang bakar. Dengan tekanan yang sesuai akan mengakibatkan terjadinya pembakaran bahan bakar. Nitrogen monoksida (NO) merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. NO merupakan gas yang berbahaya karena mengganggu saraf pusat. NO terjadi karena adanya reaksi antara N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur tinggi di atas 1210 0C. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut.

